

综合物探方法在承德某多金属矿 勘探中的应用

郭继颂¹, 刘志远², 李达², 张雪娟³, 刘国辉²

(1. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000;

2. 石家庄经济学院, 河北 石家庄 050031;

3. 河北人地生态工程有限公司, 河北 石家庄 050081)

摘要: 研究区位于承德乌龙沟—上黄旗深断裂带的东支棋盘山北东向深断裂上, 是银铅锌多金属矿的找矿远景区。本文结合区域地质、地球物理及地球化学特征, 在其所判定的成矿远景区, 开展了以激电中梯和可控源音频大地电磁测深法为组合方式的综合物探找矿实践。利用激电中梯扫面方式对地球化学异常带进行查证, 圈定出矿体和矿化体异常, 而后, 利用可控源音频大地电磁测深法进行异常主剖面测量, 以查明异常体的地下空间展布, 指导钻探验证工作的布设。实践表明: 该找矿模型效果显著、经济高效, 对同类地质成矿地区的隐伏多金属矿勘探工作具有一定的参考价值。

关键词: 综合物探; 多金属矿; 找矿模型

中图分类号: P631

文献标识码: A

收稿日期: 2012—02—16

Application of Integrated Geophysical Method to Exploration of Polymetallic Ore Deposit in Chengde

Guo Jisong¹, Liu Zhiyuan², Li Da², Zhang Xuejuan³, Liu Guohui²

(1. Geophysical Exploration Institute of Hebei Province, Langfang Hebei 065000, China;

2. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang Hebei 050031, China;

3. Hebei RenDi Ecological Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: This research area is in deep fracture that directs to Northern—east of East branch board Qipan Mountain which in Chengde Wu Longgou—Shang Huangqi deep fracture zone, is the silver lead zinc polymetallic ore deposit. This paper, combined with regional geological, geophysical and geochemical characteristics, carried out integrated geophysical prospecting practice that is the combination method of IP with central gradient array and CSAMT in the determined mineralization vision zone. The use of IP in scanning the surface mode verified geochemical anomaly zone to delimit anomaly of ore body and mineralized body. Then, making use of CSAMT for the main profiling measuring to identify spatial distribution of underground of anomalies and guide drilling verification's layout. Practice shows that: the exploration model results are obvious and effective, which will provide a basis for the areas of similar geology concealed multi—metal ore mining exploration.

Key words: integrated geophysical exploration; polymetallic ore deposit; prospecting model

1 引言

近年来,随着找矿工作的不断深入发展,其找矿的主要目标已转向深部和隐伏矿体。而基于不同知识背景的多学科对信息的综合研究可最大限度地、将信息的欠定性转化为矿产的专属性,从而发现隐伏矿床。建立多学科优势互补、综合找矿机制是找矿的必然要求,也是矿产资源勘探中如何利用现有勘探手段快速有效地找寻隐伏矿床所研究的重点课题^[4]。本文以承德某多金属矿区勘探为例,在区域地质、地球物理和地球化学所确定的成矿有利远景区,综合利用激电中梯和可控源音频大地电磁测深法,建立了找寻隐伏多金属矿床的快速有效、经济可行的综合物探模式,成功圈定出地下隐伏异常体的分布范围,配合一定的钻探验证工作,证实了地下隐伏矿体的存在,取得了很好的找矿效果。

2 区域地质、地球物理和地球化学特征

2.1 区域地质特征

2.1.1 地层

本区出露地层主要为侏罗系上统张家口组,白垩系下统西瓜园组、花吉营组和头道沟安山岩。其具体分布特征如下。

1) 张家口组(J3z):主要分布于普查区北部及以远地区,呈大面积出露。岩性以酸性、偏碱性火山熔岩及火山碎屑岩为主,底部为杂色砂砾岩。

2) 西瓜园组(K1x):该组在区内不发育,呈零星分布,属河流湖泊相沉积。上部为灰绿色粉砂质页岩、炭质页岩夹砂岩、油页岩及煤线;下部灰绿色、灰褐色砾岩夹粗砂岩及凝灰质砂砾岩。

3) 花吉营组(K1h):主要分布于郭家屯—老虎沟门一带,下部岩性为灰褐色辉石安山岩夹灰褐色安山质角砾岩、集块岩;上部为灰绿色气孔~杏仁状安山岩。

4) 头道沟安山岩(K1ta):仅在北岔沟门和小罗卜沟呈零星分布。主要岩性为灰紫色气孔~杏仁状安山岩、灰紫色安山质凝灰角砾岩。

2.1.2 构造

工区位于中朝准地台(I)内蒙地轴(II)围场拱断束(III)半截塔中断凹与上黄旗岩浆岩亚带的

接合部位(图1)。该区北部为马道火山盆地,乌龙沟—上黄旗深断裂的北段东支棋盘山深断裂斜穿本区,南部有丰宁—隆化深断裂通过。

本区构造运动具有多期多旋迴特点,断裂构造发育。主要断裂构造为乌龙沟—上黄旗深断裂的东支棋盘山北东向深断裂,该深断裂自三道营~草盆沟门~老伙房呈北东向斜穿本区,区内断续出露长约25km,破碎带宽20~100m,走向30°~50°,倾向北西,倾角60°~70°。该深断裂是本区主要的导岩、导矿构造。在深断裂两侧的北西向、北东向、近东西向和近南北向次级断裂是本区主要的容矿构造。

2.1.3 岩浆岩

该区属乌龙沟~上黄旗岩浆岩亚带,岩浆活动强烈且频繁,受北东向深断裂的控制,形成了以中酸性岩为主的岩浆岩系列。主要分布在普查区中部。岩体侵入时代有古元古代、海西期和燕山期。出露主要岩体如下。

1) 古元古代北头营单元(BPt1)。为一独立单元,主要分布在河北村一带,岩性为变质中粒斑状黑云花岗闪长岩。该单元沿深断裂带分布,为古元古代变质深成岩基底残块,普遍发育韧性变形构造。

2) 早二叠世—王家窝铺序列。该序列区内出露王家窝铺、高粱地、大坝沟门三个单元,侵入时代为早二叠世,均被侏罗系上统张家口组不整合覆盖。

王家窝铺单元(WP1):分布在本区南部,出露面积较小,岩性为中粒二长花岗岩。

高粱地单元(GP1):出露于小杨树沟村北,面积不大。岩性为中细粒花岗岩。

大坝沟门单元(DP1):沿F1断裂带分布,面积约9km²,岩性为中粒花岗岩,局部受热液作用,蚀变成绢英岩化中粒花岗岩或绢英岩,是主要的赋矿围岩。

3) 晚二叠世—牛圈子序列。该序列在区内仅出露牛圈子单元。

牛圈子单元(NP2):分布于河北村一带,面积约2km²,侵入王家窝铺单元(WP1),并见有大坝沟门单元中粒花岗岩(DP1)捕虏体。岩性为粗粒花岗岩,沿断裂带有绢英岩化蚀变,是主要的赋矿围岩之一。

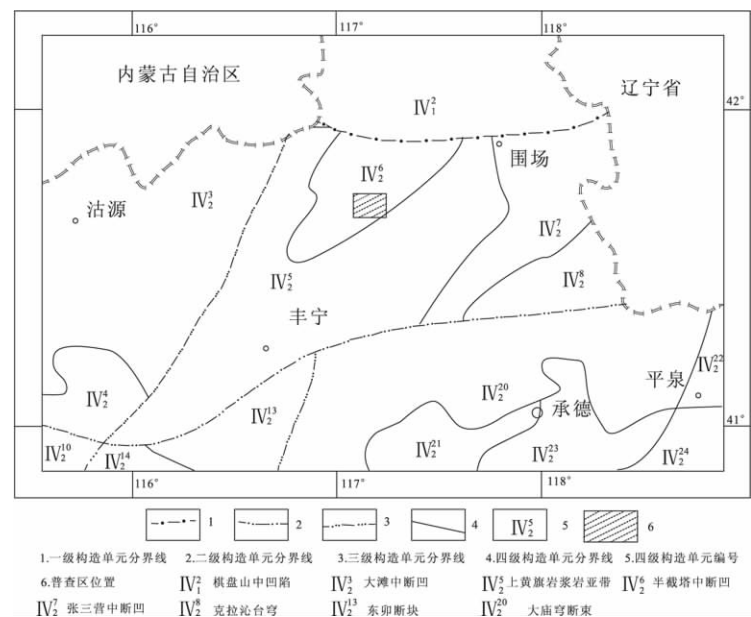


图 1 区域大地构造位置
Fig 1 Regional tectonic location map

4) 晚侏罗世浅成侵入体。小杨树沟单元 (XJ3): 为一独立单元, 包括 5 个侵入体, 分布于区内大、小杨树沟~河北一带, 面积 1.2km², 岩性为正长斑岩。

5) 晚白垩世浅成侵入体。马厂沟门单元 (MK2): 零星分布于区内北部, 主体位于图外马厂沟门, 岩性为正长斑岩。

2.2 区域地球物理与地球化学特征

2.2.1 区域布格重力异常特征

图 2 表明本区位于太行山~围场宽大重力梯

级带的边部地区, 北东向重力梯级带明显与棋盘山深断裂相对应。

区内重力值东南高, 西北低, 其变化幅度为 -70~-120 毫伽, 反应了区内的构造格架特征。西部的椭圆状重力异常场在剩余重力异常图上为负异常区, 反映了半截塔中断凹相对低的重力场特征, 该区大面积的中生代厚层火山堆积物, 其密度相对于基底岩石较小, 因此形成了相对低重力的异常特征。工作区位于该异常的南部。

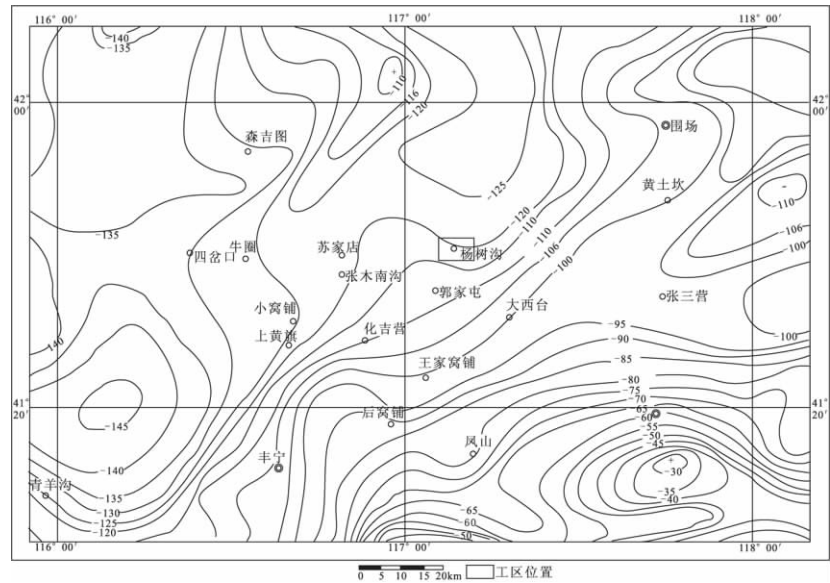


图 2 1:50 万区域布格重力异常
Fig 2 1:50 000 regional Bouguer gravity anomaly map

2.2.2 区域地球化学场特征

据 1：20 万区域化探(围场幅)工作在区内圈定出 AS15 综合异常,异常元素组合为 Ag、Cd、Pb、W、Cu、Bi、Au、Zn、Hg,是以 Ag、Cd、Pb 为主的异常。Ag 异常面积 36km²,最高值 0.24 × 10⁻⁶,衬度 1.46,规模 52.56; Cd 异常面积 36km²,最高值 0.49 × 10⁻⁶,衬度 1.49,规模 53.64,达二级浓度分带; Pb 异常面积 35.5km²,分两个子异常,最高值 49 × 10⁻⁶,平均值 40 × 10⁻⁶,衬度 1.26,规模 43.7。

AS15 正处在区域布格重力异常梯度带上,从地质上为热液蚀变带上,区内已发现大型铅锌矿 1 处,即北岔沟门铅锌矿,因此,综合上述诸因素判定本异常区为银铅锌多金属矿的找矿远景区。

3 开展物探工作的地球物理前提

通过本次工作中对采集标本的物性测定,其测区内主要各类岩、矿石的电性特征如表 1。

表 1 岩、矿石电性参数特征

Table 1 Table of rock, ore characteristics of the electrical parameters

岩(矿)石名称	标本数	极化率平均值	电阻率平均值
		/%	/Ω·m
铅锌矿石	163	15.24	225
硫铁矿石	4	27.99	378
二长花岗岩	23	1.37	6420
凝灰岩	7	1.4	2060
蚀变岩	9	1.0	3000
粗面岩	16	1.28	4610
正长斑岩	33	1.38	1990
安山斑岩	18	1.69	5640

上述岩、矿石特征参数表明:不同岩石和矿石之间存在着明显的电性差异,从而为开展电法勘探提供了必要的物质基础和前提条件。

铅锌矿、硫铁矿呈现低阻高极化特征,可形成明显的低阻高极化异常,则为本区的重要找矿标志之一;而其围岩如凝灰岩、二长花岗岩、正长斑岩等则为低极化相对高阻特征,与矿体间电性差异明显,因此,在本区投入激发极化法和可控源音频大地电磁测深法寻找和圈定多金属硫化物矿床是适宜、而行之有效的。

4 综合物探方法的选择

4.1 综合物探组合模式

基于上述地质、地球物理、地球化学特征和各类岩、矿石的物性特征可知,本区为寻找具有低阻高极化的对金属矿体,采用激电中梯法对已发现综合化探异常查证是完全有效地物探方法,即:激发极化法(简称激电法)是以地壳中不同岩、矿石的激电效应差异为物质基础,通过观测与研究人工建立的直流(时间域)和交流(频率域)一次场和激发二次场的分布规律进行找矿和解决地质问题的一种电法勘探方法。但该直流电法的探测程度受到供电电极距的限制,只能较准确的探测中浅层隐伏矿体分布,而可控源音频大地电磁测深法则采用人工场源向地下发向谐变电磁波,通过观测和研究在地下不同岩、矿体中的传播规律达到地质勘探目的的一种电磁勘探方法,该方法可通过改变工作频率实现较大的探测深度,但对其前部具有一定的探测盲区,再者其探测精度也相对较低。

综合上述两种电法勘探方法的探测性能,为有效探测不同深度的隐伏盲矿体,发挥二者的勘探优势,取长补短,提出了二者组合的综合物探找矿优化模式。即:利用激电中梯扫面方式对地球化学异常带进行查证,圈定出矿体和矿化体异常,而后,利用可控源音频大地电磁测深法进行异常主剖面测量,以查明异常体的地下空间展布,指导钻探验证工作的布设的综合物探找矿模式。

4.2 综合物探的工作方法

4.2.1 测线布设

在 AS15 综合化探异常高值区,垂直化探异常走向系统布置 1:10000 激电中梯测量工作,锁定异常走向,进而查证化探异常。测线网度 100m × 20m,测线方位:90°,剖面长 800m。在激电中梯扫描成果的基础上,选择激电异常较好地段进行可控源音频大地电磁测深法剖面工作,以进一步了解极化体沿倾向延展及埋深情况,配合钻探工程进行深部验证。

4.2.2 物探野外测量方法

1) 激发极化法^[1,5]。本次激电工作采用直流激电中梯装置,使用北京大地华龙地质仪器厂生产的 DWJ—1 型微机激电仪,供电周期 16s,占空比 1:1,供电脉宽 ± 4s, AB = 1200m, MN = 20m,观测范围为 AB 的内 2/3,旁测线与主测线的距离不应超过 AB 的 1/3。观测参数为视极化率

(η_s)和视电阻率(ρ_s),以便进行综合异常解释。

2) 可控源音频大地电磁测深法^[1~3]。该方法采用赤道偶极装置进行 TM 模式的标量测量,选用美国产 GDP-32 II 多功能电法仪,可控源发射极距 $AB=1200\text{m}$,收—发距 $=5000\text{m}$,接收极距 $MN=40\text{m}$,点距 40m ,频率范围为 $4\sim 8192\text{Hz}$,采用加密频点进行观测。同时观测与场源平行的电场水平分量 E_x 和与场源正交的磁场水平分量 H_y 。然后利用电场振幅 E_x 和磁场振幅 H_y 计算卡尼亚视电阻率 ρ_a 和视阻抗相位 φ_s 。以便联合反演计算可控源电磁测深反演电阻率参数,最后利用反演电阻率进行地质推断解释。

5 资料分析与地质解释

5.1 激电中梯异常分析与解释

图3为本区激电中梯观测得到的视极化率和视电阻率异常平面等值线图,以 $\eta_s=6\%$ 为异常下限值,可划分两个异常区,分别为 D1、D2。其中 D2 又可划分两个独立的异常 D2-1、D2-2。异常区地表主要出露岩性为中生代花岗岩及张家口组火山碎屑岩,有蚀变为绢英岩化及黄铁矿化分布,地表大面积第四系覆盖。

D1 异常以 $\eta_s=6\%$ 等值线圈定的平面范围,异常走向北北东,形态较规侧,大致呈椭圆状。通过 η_s 、 ρ_s 等值线平面图对比,反映出异常呈中低阻高极化特征。从通过该异常的等值线的分布特征可以看出,异常曲线东南缓西北陡,说明极化体向东南倾斜。

D2-1、D2-2 激电异常被圈定在 $\eta_s=6\%$ 等值线圈内,两异常平行近南北走向,呈雁行分布,形态规侧,大致呈椭圆状,具有明显的异常中心,并与低阻相对应,呈低阻高极化特征。从通过异常的等值线的分布特征可以看出,D2-1 异常曲线近于对称分布,说明极化体近于直立产出;D2-2 异常曲线东缓西陡,说明极化体近于向东南倾斜。

结合已知地质和物性资料,初步推断解释上述低阻高极化组合异常为多金属矿体反映。如图4和图5分别为 D2-2 异常中心剖面 160 线的电性和化探异常剖面曲线,140 号点处激电异常与化探具有很好的套合性,从而进一步佐证了上述物探异常属硫化型多金属矿的可能。

5.2 可控源音频大地电磁测深剖面异常分析与解释

为查明地下推断矿体体的地下展布,在通过 D2-2 异常中心的 160 线布置了可控源音频大地电磁测深剖面。其卡尼亚视电阻率断面等值线异常分布图6所示。

由图6中低阻异常分布特征可知,在 160 剖面存在一东倾、可延至高程 700m 的低阻异常体。结合图3~图6的综合分析,初步推断为 D2-2 异常反映的矿体在该剖面内的展布,为验证其推断结论,在 160 线 138 号点附近布设了一垂直钻孔 ZK01,钻孔验证分别于孔深 225.08—227.25m 和 336.02—341.57m 见到 2-1 和 2-2 矿体(图7),矿体厚分别为 1.09m 和 2.78m,Zn 平均品位分别为 1.02% 和 1.11%。并根据图6显示的地电分布图,推断矿体的地下展布如图7。

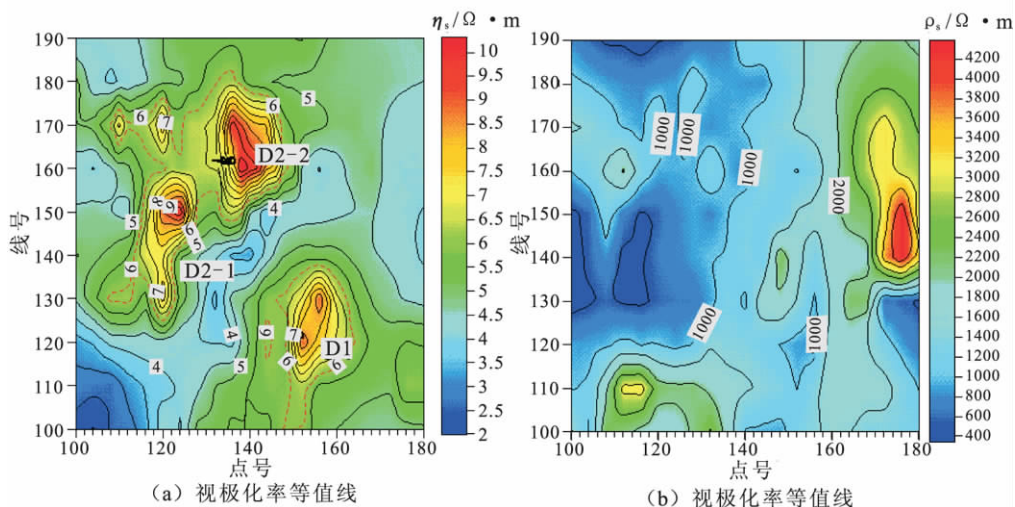


图3 激电中梯视极化率与视电阻率等值线

Fig. 3 Apparent polarization rate and apparent resistivity Contour map of IP

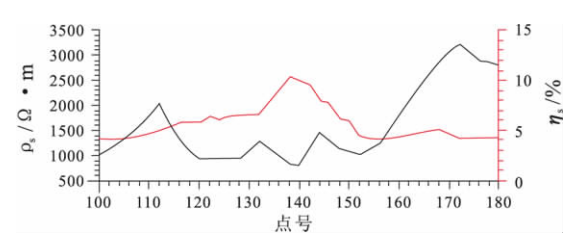


图 4 160 剖面视电阻率和视极化率断面

Fig 4 Section map of apparent polarization rate and apparent resistivity on 160 profile

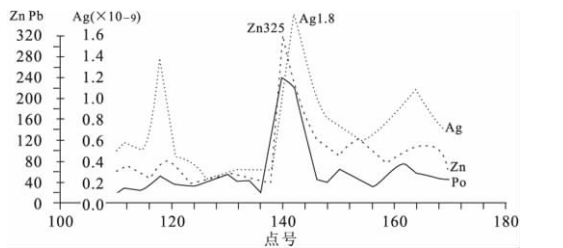


图 5 160 剖面化探异常断面

Fig 5 Section map of geochemical anomaly on 160 profile

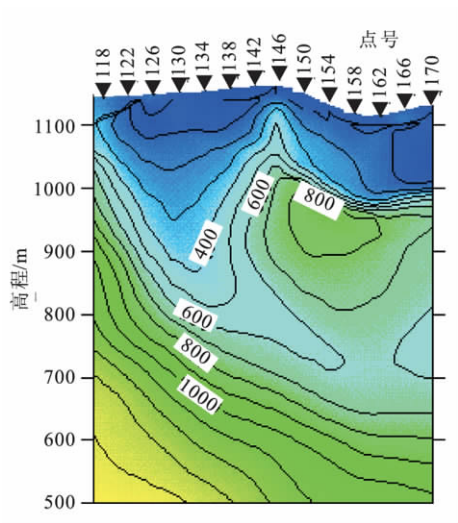


图 6 160 剖面视电阻率断面

Fig 6 Section map of apparent resistivity on 160 profile

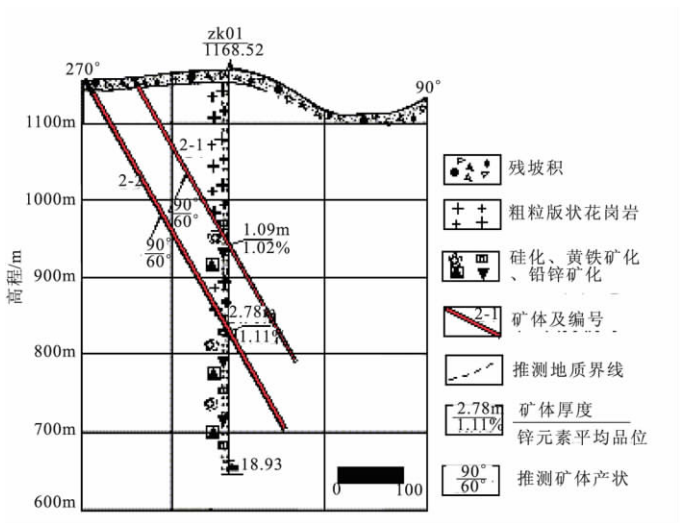


图 7 160 剖面钻孔及地质解释

Fig 7 Section map of drilling and geological interpretation on 160 profile

D1 异常后经钻孔 ZK02 验证,在孔深 22.20~27.41m 见 VI—1 铜矿体,视厚度 5.21m,平均品位 0.76%,但矿石均为蜂窝状氧化矿石,发育硅化、褐铁矿化,并可见到孔雀石化及铜兰。与图 3 中低阻高极化效果吻合。

至此,结合区内地质、地球物理及地球化学特征,基于综合物探找矿的理论与实践,建立了适用本区综合物探找矿模型,取得了很好的找矿效果。

6 结 语

1)在该区建立了隐伏多金属矿找矿模型,即:根据区域地质构造背景,结合区域地球物理和地球化学异常特征锁定成矿远景区,采用激电中梯扫面对地球化学异常带进行查证,圈定出矿体和矿化体异常,配合可控源音频大地电磁测深剖面

测量,以查明异常体的地下空间展布,并成功指导了钻探位置的布设。

2)在本次勘探中,充分发挥了综合物探找矿模型的优越性,经钻探已验证所建综合物探寻找多金属矿产有效性,并发现了有价值矿床,对今后同类地质成矿地区的隐伏多金属矿勘探工作有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 李金铭.地电场与电法勘探[M].北京:地质出版社,2007.

[2] 汤井田,何继善.可控源音频大地电磁法及其应用[M].中南大学出版社,2005.

[3] 朴化荣.电磁测深原理[M].地质出版社,1990.

[4] 晏月平,戴前伟,甘先平.瑶岗仙钨矿综合物探找矿效果[J].物探与化探,2010,34(1):59~62.

[5] 张前进,杨进.综合电法在深部隐伏矿体勘查中的应用实例[J].物探与化探,2010,34(1):40~43.